

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-126196

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>H 05 H 1/18  
H 01 L 21/205  
21/302

識別記号

庁内整理番号

7458-2G  
7739-5F  
B-8223-5F

④ 公開 昭和63年(1988)5月30日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑥ 発明の名称 マイクロ波励起によるプラズマ生成源

⑪ 特 願 昭61-271907

⑫ 出 願 昭61(1986)11月17日

⑬ 発 明 者 鳥 居 康 弘 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑭ 発 明 者 嶋 田 勝 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑮ 発 明 者 渡 辺 巖 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑯ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑰ 代 理 人 弁理士 山川 政樹 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

マイクロ波励起によるプラズマ生成源

## 2. 特許請求の範囲

マイクロ波励起によりプラズマを生成するプラズマ生成源において、プラズマ生成室となる空洞に設けたマイクロ波導入窓近傍の、当該窓から導入されたマイクロ波の電界の小さい部位に誘電体を配置し、プラズマを遮へいするようにしたこととを特徴とするマイクロ波励起によるプラズマ生成源。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、例えばプラズマCVD装置やプラズマエッチング装置に利用される、マイクロ波励起による電子サイクロトロン共鳴を用いたプラズマ生成源に関する。

(従来の技術)

半導体LSIなどの微細・高精細な製造技術として、プラズマ・イオンなどの活性化粒子を用いた

エッチング、膜形成、イオン注入技術が広く使われている。プラズマを発生させるプラズマ生成源としては、種々の放電形式が検討されているが、その中で、マイクロ波励起による電子サイクロトロン共鳴を用いたプラズマ放電(ECR放電)は、①低い圧力( $1 \times 10^{-5}$  Torr以下)で放電可能であり、イオンの方向がそろうこと、②高密度プラズマが発生できること、③無電極放電であるため寿命が長く、活性ガスを使用できること等の優れた特徴を持っているために注目されている。

第4図に、従来のECR放電を用いたプラズマ生成源の基本構成を示す。1はプラズマ発生室、2はマイクロ波導入窓、3は導波管、4は磁気コイル、5はガス導入口、6はプラズマリミッタ、7は引き出されたプラズマ流である。プラズマ発生室1に、ガス導入口5よりガスを、導波管3よりマイクロ波(例えば2.45GHz)をそれぞれ導入し(図にはマイクロ波発振源、アイソレータ、整合器、マイクロ波電力計を省略してある)、磁気コイル4によつて、電子サイクロトロン共鳴(ECR)

条件の直流磁場(875 Gauss)をマイクロ波電界に対して直角方向に印加すると、これらの相互作用で、プラズマ発生室1に導入されたガスはプラズマとなる。通常、ECRプラズマCVD装置、ECRイオンシャワエッチング装置のプラズマ生成源は、マイクロ波を効率的にプラズマに吸収させるために、TE<sub>118</sub>などの共振モード構成になっている(例えばジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス(Japanese Journal of Applied Physics) 22巻4号(1983)L210~212)。

(発明が解決しようとする問題点)

一般に第4図のプラズマ発生室1に導入されたマイクロ波の電界強度は、プラズマ発生室1のマイクロ波導入窓2の近傍で小さく、マイクロ波導入窓2から離れるにつれて、管内波長の1/4の周期で最大・最小をとる。このプラズマ生成源は、マイクロ波導入窓2の近傍にECR条件を満足する磁場(875 Gauss)を発生させて動作させているが、この領域はマイクロ波電界が弱い領域なので、必ずしも最適な構成になっていない。しかも、単純

マ生成領域に進入する境界で大きくなる。しかも、誘電体内の電界分布はプラズマの生成によつて変化しないため、上記電界の大きい位置はプラズマの生成によつて変化せず、上記境界部分での電界強度は常に大きく保たれる。

(実施例)

(実施例1)

第1図は本発明の一実施例を示す構成図である。同図において、8は矩形導波管、9はプラズマ生成室、9Aは誘電体領域、9Bはプラズマ生成領域、10は磁気コイル、11はガス導入口、12はマイクロ波導入用開口、13はプラズマリミッタ、14はプラズマ流である。プラズマ生成室9は、誘電体領域9Aとプラズマ生成領域9Bとから構成されている。誘電体領域9Aに充填された誘電体は、マイクロ波を伝播させる一方、プラズマ生成領域9Bが真空中に排気できるように、Oリングにより真空封じを行つている。この誘電体の厚みは、後述するように、そこにおけるマイクロ波の電界強度がプラズマ生成領域9Bと接するところで強

にプラズマ生成室1のマイクロ波の電界強度の強いところにECR条件の磁場をもつていても、高効率のプラズマは生成されないという問題があつた。この理由としては、①プラズマが生成すると、プラズマ生成室内部のマイクロ波に対する誘電率が変わるため、マイクロ波の電界強度の強い位置が変化してしまうこと、さらに、②マイクロ波導入窓2の近傍で生成されるプラズマの状態が全体のプラズマ生成に影響を与えるので、ECR条件を満足する磁場の位置だけでなく、マイクロ波導入窓近傍の磁場強度・分布が問題になることが推測される。

(問題点を解決するための手段)

本発明は、プラズマ生成室となる空洞に設けたマイクロ波導入窓近傍の、その窓から導入されたマイクロ波の電界の小さい部位に、誘電体を配置したものである。

(作用)

誘電体の寸法を適当に設定することにより、マイクロ波の電界強度が、そのマイクロ波がプラズ

マ生成領域に進入する境界で大きくなるように設定されている。誘電体材料としては、石英(誘電率4)、BN(同4)、フオルススライト(同6、2)、ステアタイト(同6)、アルミナ(同9)などが使用できる。なお、この誘電体領域9Aの構成にあつては、プラズマとの接触に対して非脱ガス性・耐熱性を要したり、真空封じをするための気密性・平坦性を要する部分には石英、アルミナ等を用い、その他の部分には安価な材質を用いるなどのように、誘電体をいくつかの部分に分けて構成しても良いことは言うまでもない。

マイクロ波は、矩形導波管8、マイクロ波導入用開口12を介してプラズマ生成室9に導かれる。プラズマ生成領域9Bに、ガス導入口11よりガスを、導波管8からマイクロ波(例えば2.45GHz)をそれぞれ導入し(図にはマイクロ波発振源、アイソレータ、整合器、マイクロ波電力計を省略してある)、磁気コイル10によつて、電子サイクロトロン共振(ECR)条件の直流磁場(875 Gauss)をマイクロ波電界に対して直角方向に印加すると、

第4図のものと同様に、これらの相互作用により、プラズマ生成領域9Bに導入されたガスはプラズマとなる。このとき、本実施例では、誘電体領域9Aとして誘電体を挿入することにより、プラズマ生成領域9Bとの境界でプラズマの状態によらず、マイクロ波の電界強度が大きくなるように構成しているために、マイクロ波導入窓の近傍で高密度のプラズマを効率良く生成することができる。

マイクロ波がプラズマ生成領域に進入する境界でマイクロ波の電界強度を大きくするためには、具体的には、 $n$ を自然数とすると、誘電体領域9Aのマイクロ波導入方向の寸法(誘電体の厚み) $t$ を、

$$t = \lambda_g \times (2n-1)/4$$

とすればよい。ここで、 $\lambda_g$ は誘電率 $\epsilon$ の誘電体を充填した導波管の管内波長で、

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon - (\lambda/\lambda_c)^2}}$$

で表される。ただし、 $\lambda_c$ は遮断波長で、

になるので、誘電体領域9Aの長さ(石英の厚み)を $1.6 \times (2n-1)$  cmにすれば良い。一般に、プラズマ生成室9の内径が小さくなるにつれて、管内波長が長くなるので本手法はより有効になる。

さらに、円筒状の空洞を有するプラズマ生成室9に対して、誘電率 $\epsilon$ の誘電体を充填したときの遮断周波数 $f_c$ は、

$$f_c = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon}} \left( \frac{1.84}{r} \right) \quad \left( \text{円筒導波管の TE}_{11} \text{モード; } r \text{ は半径、} c \text{ は光速} \right)$$

で表される。よつて、2.45GHzのマイクロ波に対して誘電率9のアルミナを充填すれば、マイクロ波を伝播するに必要な円筒の内径は2.4 cmでよくなるため、非常に小形のプラズマ生成源を構成できる。

第4図のような構成で内径7.15 cm以下の小形のプラズマ生成室を構成すると、一般的にはマイクロ波は遮断され誘電体が充填されていないプラズマ生成領域にマイクロ波を導入できない。しか

$$\lambda_c = 2\pi r / 1.84 \quad (\text{円筒導波管の TE}_{11} \text{モード; } r \text{ は半径})$$

で表され、 $\lambda$ は自由空間のマイクロ波の波長である。

このようにすることにより、誘電体領域9Aでは、例えば第1図中に破線でその包絡線を示したような電界強度分布となる。ここで、プラズマ生成領域9Bにおける電界強度分布は、プラズマの状態により変化するが、上述した誘電体領域9Aの電界分布は変化せず、プラズマ生成領域9Bとの境界において常に最大の強度を示す。一方、この境界において、誘電体領域9Aの電界分布とプラズマ生成領域9Bの電界分布とは連続性を保つから、結局プラズマ生成領域9Bの電界強度も、上記境界においては強制的に大きな値に固定される。

例として、2.45GHzのマイクロ波を用いて内径20 cmのプラズマ生成室を構成する場合、石英(誘電率4)を充填したときの管内波長は6.4 cm

しながら、実際には一部のマイクロ波がプラズマ生成領域に僅かに漏れているため、プラズマの生成ができる。その上、一度プラズマが生成されると、プラズマ生成領域9Bは誘電率の高い誘電体(プラズマ)で充填されていることと等価になり、マイクロ波はプラズマ生成領域に伝播することになり定常的なプラズマが生成される。なお、そのためにこのプラズマ生成領域9Bの誘電体領域9Aとの境界の磁場を、プラズマの放電開始が容易なECR条件を満足する磁場に設定していつたんプラズマを生成した後、高密度プラズマ生成に最適な磁場分布に調整するのが望ましい。

よつて、このようにプラズマ生成室9を構成し、それとともに周辺の導波管8(誘電体を充填した導波管を用いれば小形化を図ることが出来る)、磁気コイル10等を小形にすれば、非常に小形のプラズマ生成源を構成できる。また、このように小形にすると、同一マイクロ波電力に対する電力密度が高くなり、低電力で高密度プラズマが生成できる。さらに、プラズマ中を伝播するマイクロ

波の管内波長が、プラズマ生成室内径が小さいほど長くなるので、マイクロ波がプラズマに吸収される領域が広がり、より効率的にプラズマが生成できる。

(実施例2)

第2図は本発明の他の実施例を示す構成図である。15はプラズマ生成室で、第3図に対応させると、15Aが誘電体領域で大気空間15A-1と誘電体15A-2とから構成されており、15Bがプラズマ生成領域である。誘電体15A-2はプラズマ生成領域15Bが真空中に排気できるように真空封じを行つている。よつて、第1図の構成と同様に、誘電体領域15Aの誘電率とマイクロ波導入方向の寸法および位置を勘案することにより、プラズマ生成領域15Bの境界でマイクロ波の電界強度を強くすることができる。よつて、実施例1で述べたと同様に効率の良いプラズマ生成が可能になる。

大気空間15A-1には、誘電体を配置してもよい。いずれにしても、本実施例は実施例1と比較して、誘電体が単純な円板状でよいため、加工が

電流イオン源として特に有効である。また、1枚電極・単葉メッシュ電極を用いれば、低エネルギーイオンの生成源としても有効である。

(発明の効果)

本発明によれば、プラズマ生成室のマイクロ波導入窓近傍の、導入されたマイクロ波の電界の小さい部分に誘電体を配置したことにより、マイクロ波がプラズマ生成領域に入る場所でマイクロ波の電界が強くなるようにし、短い距離の間にマイクロ波をプラズマ中の電子に吸収させることができるため、従来よりも高効率のプラズマ生成源・イオン源として有効である。すなわち、ECRプラズマCVD装置、ECRプラズマエッチング装置用のプラズマ生成源として使用すれば、より効率の良い装置を構成出来る利点がある。

また、小形のプラズマ・イオン・ラジカルが発生源として使用できるから、MBE装置・MOCVD装置・プラズマ応用装置などに付加した複合装置で、表面反応の促進、ドーピングの効率化等により、エッチング、膜形成技術の高制御化が可能に

容易な利点がある。

(実施例3)

第3図に本発明の第3の実施例の構成図を示す。この実施例は基本的には、第2図の実施例と全く同一である。16はガス導入口、17はプラズマ生成室である。17Aは誘電体領域で、17A-1は大気空間であるが、誘電体としてもよい。17A-2は誘電体であり、17Bがプラズマ生成領域である。この構成では真空封じはカップ状の誘電体17A-2で行つている。この場合も、いままでの説明で述べたように誘電体領域17Aの誘電率、マイクロ波導入方向の寸法およびその位置を適切に決めれば、マイクロ波の電界強度はプラズマ生成領域17Bの境界で強くなる。よつて、実施例1と同様な操作でプラズマ生成源を動作させることができ、しかも効率の良いプラズマを生成できる。

以上、主としてプラズマ・ラジカル生成源として用いる場合について述べてきたが、本発明のプラズマ生成源は、加速-減速構成の3枚電極構成のイオン引出し電極系を用いれば、高密度・大

なる。

さらに、加速-減速のイオン引出し電極を設置することにより、小形の大電流イオン源として使用でき、イオン注入装置用のイオン源として有望であるとともに、1枚電極・単葉メッシュ電極を用いることにより低エネルギーイオンの生成源としても有効である。

4. 図面の簡単な説明

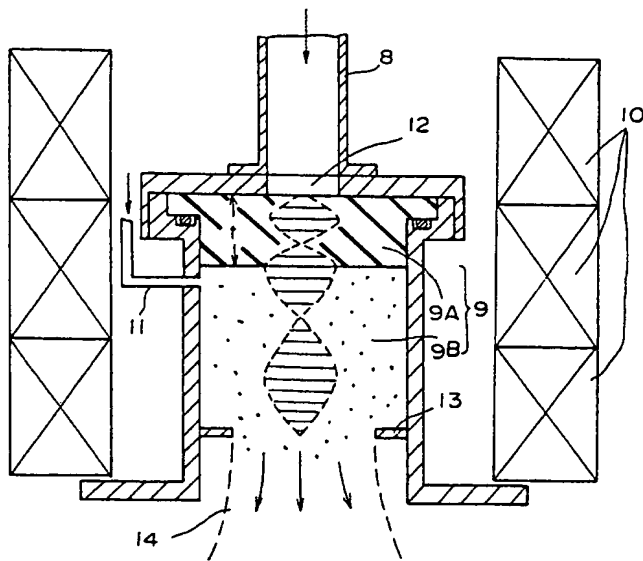
第1図は本発明の一実施例を示す構成図、第2図および第3図はそれぞれ本発明の他の実施例を示す構成図、第4図は従来例を示す構成図である。

8・・・導波管、9, 15, 17・・・プラズマ生成室、9A, 15A, 17A・・・誘電体領域、9B, 15B, 17B・・・プラズマ生成領域、10・・・磁気コイル、11, 16・・・ガス導入口、12・・・マイクロ波導入用開口。

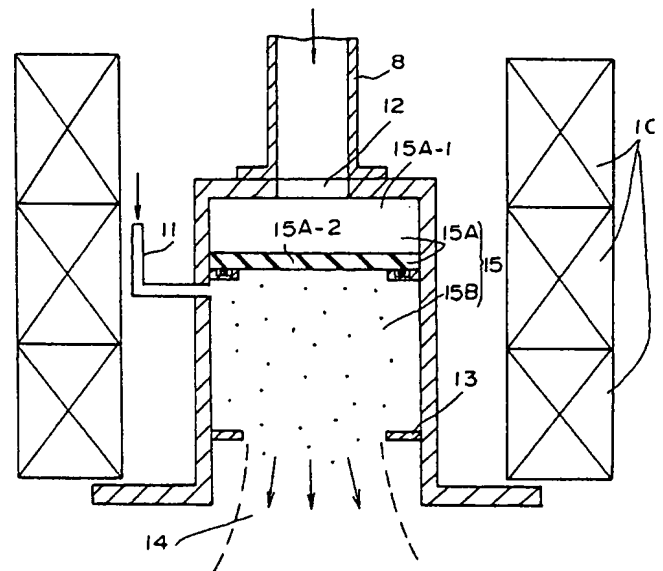
特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 山川政樹(ほか1名)

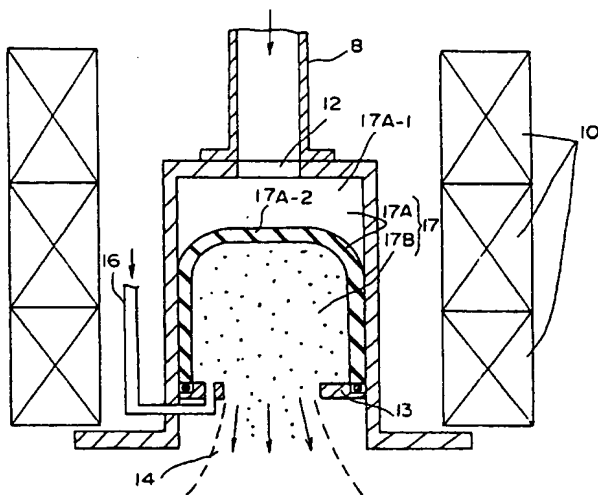
第1図



第2図



第3図



第4図

